

## Vehicle collision detection method

**Patent number:** DE19754220  
**Publication date:** 1998-11-19  
**Inventor:** HERRMANN THOMAS (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01S7/41; G01S13/34; G01S13/42; G01S13/93;  
B60R21/01; G01S7/02; G01S13/00; B60R21/01; (IPC1-  
7); G01S13/93; B60R21/32; G01S7/41; G01S13/04;  
G08G1/16  
- **european:** G01S7/41A; G01S13/34; G01S13/42; G01S13/93C  
**Application number:** DE19971054220 19971206  
**Priority number(s):** DE19971054220 19971206; DE19971020843 19970517

**Also published as:**

US5949366 (A1)  
JP10332820 (A)  
GB2327821 (A)  
FR2763698 (A1)  
SE9801696 (L)

[more >>](#)[Report a data error here](#)**Abstract of DE19754220**

The method involves emitting a frequency modulated wave from a vehicle. A wave reflected from the object is received. The received wave is mixed with a component of the instantaneous emitted wave and a mixed signal is generated. The frequency of the mixed signal is a measure for the distance of the object from the vehicle. The mixed signal is filtered for further processing using a filter with a frequency response which enables the amplitude of the filtered mixing signal to take on different values with a distance change between the vehicle and the object. A temporal distribution of amplitude values of the filtered mixed signal is provided. The distribution is compared with stored distributions of amplitude values and a side displacement is determined between the vehicle and the object.



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# ⑯ Offenlegungsschrift ⑯ DE 197 54 220 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
**G 01 S 13/93**  
G 01 S 13/04  
G 01 S 7/41  
G 08 G 1/16  
B 60 R 21/32

⑯ Aktenzeichen: 197 54 220.4  
⑯ Anmeldetag: 6. 12. 97  
⑯ Offenlegungstag: 19. 11. 98

⑯ Innere Priorität:  
197 20 843. 6 17. 05. 97

⑯ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Herrmann, Thomas, 74243 Langenbrettach, DE

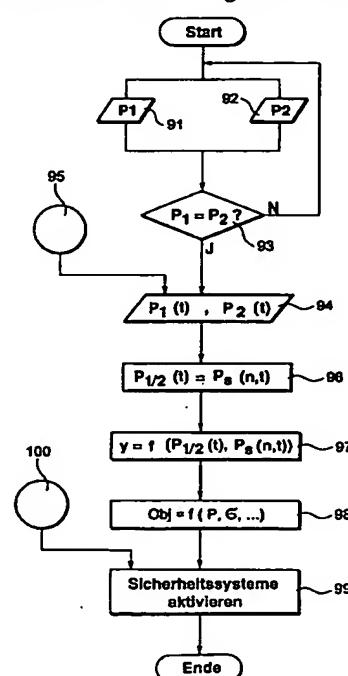
DE 197 54 220 A 1

DE 197 54 220 A 1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung einer bevorstehenden oder möglichen Kollision

⑯ Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung beschrieben zur Erkennung und Auswertung einer bevorstehenden Kollision eines Kraftfahrzeugs mit einem Hindernis. Mittels eines FMCW-Radarverfahrens werden Hindernisse in Form einer Spektrallinie detektiert. Durch eine geeignete Filterung werden zeitliche Verläufe von Amplitudenwerten der Spektrallinien erzeugt und aufgenommen (94). Durch einen Vergleich mindestens eines aktuell aufgenommenen zeitlichen Verlaufs mit abgespeicherten charakteristischen Verläufen (96) wird ein seitlicher Versatz zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Hindernis bestimmt (97). Alternativ oder in Kombination kann der seitliche Versatz auch anhand charakteristischer Verläufe von Relativgeschwindigkeitswerten bestimmt werden.



**Beschreibung**

Die vorliegende Anmeldung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung einer möglichen oder bevorstehenden Kollision eines Kraftfahrzeugs mit einem Objekt gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

**Stand der Technik**

Aus einer Veröffentlichung des Fraunhofer Instituts für Chemische Technologie, erschienen unter dem Titel "Airbag 2000" anlässlich des 3. Internationalen Symposiums über hochentwickelte Kraftfahrzeuginsassen Sicherheitssysteme vom 26. bis 27. November 1996 in Karlsruhe, Deutschland, ist ein Verfahren für einen Precrash-Sensor bekannt. Dabei wird ein FMCW-Radar verwendet. Das System vergleicht die Amplitude zweier Harmonischer, die durch Bandpaßfilter ausgewählt werden. Bevorstehende Kollisionen können in einer Entfernung von ca. 1,5 m im voraus entdeckt werden. Nach einer Messung der relativen Aufprallgeschwindigkeit unter Verwendung von mehrfachen Dopplerzyklen wird in einer Entfernung von 0,5 m die Zeit bis zum Aufprall berechnet. Die Objektgröße kann in Verbindung gebracht werden mit dem Unterschied der Amplituden der Harmonischen und der Verteilung der relativen Geschwindigkeiten. Mit Hilfe dieses Verfahrens ist es möglich, eine bevorstehende Kollision eines Kraftfahrzeugs mit einem Objekt frühzeitig zu erkennen. Im Zusammenhang mit einer intelligenteren Auslösung von Sicherheitssystemen ist es jedoch häufig wünschenswert, zusätzliche Informationen, insbesondere über einen sogenannten Offset, das heißt einen seitlichen Versatz zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt zu erhalten. Die Bedeutung dieser Information spiegelt sich darin wieder, daß in der Automobilindustrie zunehmend mehr das Crashverhalten von Kraftfahrzeugen bei so genannten Offsetcrashes zum Maßstab genommen wird.

In der US 3,893,114 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung einer Kollision beschrieben. Dabei wird ein Continous Wave-Radarverfahren mit einer frequenzmodulierten Welle verwendet. Zur Auswertung eines reflektierten und wieder empfangenen Radarsignals wird dieses zunächst mit dem jeweils aktuellen Sendesignal und in einem zweiten Schritt mit dem Modulationssignal gemischt. Dabei ergeben sich mehrere unterschiedliche Mischprodukte, die unter anderem auch Dopplersignalanteile aufgrund des Doppler-Effektes beinhalten. Anhand eines Vergleichs von Momentanwerten zweier ausgewählter Mischprodukte wird eine Zeit bestimmt, die ein Maß für die Entfernung und die Relativgeschwindigkeit des Fahrzeugs zu einem Hindernis ist. In Abhängigkeit dieser Zeit sowie weiterer Bedingungen wird ein Signal generiert, welches eine bevorstehende Kollision anzeigen.

Beide Vorrichtungen gemäß dem zuvor genannten Stand der Technik sind geeignet, eine Entscheidung zu treffen, ob eine Kollision eines Fahrzeugs mit einem Hindernis bevorsteht. Keine der beiden Vorrichtungen ist jedoch in der Lage, einen seitlichen Versatz zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt zu bestimmen.

**Aufgabe, Lösung und Vorteile der Erfindung**

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine darauf basierende Vorrichtung anzugeben, mit dessen bzw. deren Hilfe detailliertere Informationen über eine bevorstehende Kollision eines Kraftfahrzeugs mit einem Objekt gewonnen werden können.

Erfundungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst, indem ein aktueller zeitlicher Verlauf von Amplitudenwerten eines ge-

filterten Mischsignals oder von Relativgeschwindigkeitswerten, der sich aufgrund einer Veränderung der Entfernung zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt ergibt, mit abgespeicherten zeitlichen Verläufen von Amplitudenwerten von gefilterten Mischsignalen oder von Relativgeschwindigkeitswerten verglichen wird und daß anhand dieses Vergleichs ein seitlicher Versatz zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt bestimmt wird.

Eine erfundungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß erste Mittel vorhanden sind, mit denen zeitliche Verläufe von Amplitudenwerten von gefilterten Mischsignalen oder von Relativgeschwindigkeitswerten speicherbar sind und daß zweite Mittel vorhanden sind, mit denen die gespeicherten Verläufe und wenigstens ein auf einem aktuellen Mischsignal beruhender Verlauf von Amplitudenwerten oder von Relativgeschwindigkeitswerten miteinander vergleichbar sind. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den untergeordneten Ansprüchen.

Vorteil der Erfindung ist, daß entsprechend der Aufgabenstellungen detailliertere Informationen über eine bevorstehende Kollision gewonnen werden können. Dabei ist aufgrund des erfundungsgemäßen Verfahrens die benötigte Rechenzeit beziehungsweise der benötigte Rechenaufwand insbesondere gegenüber einer Auswertung von Radarsignalen mittels einer Fast Fourier Transformation sehr klein. Dies ermöglicht zur Signalauswertung die vorteilhafte Verwendung eines vergleichsweise einfachen Mikrocontrollers anstelle eines wesentlich komplexeren und damit teuren digitalen Signalprozessors. Darüber hinaus ist das Verfahren aufgrund seiner kurzen Rechenzeit besonders geeignet zur gezielten Auslösung eines Seitenairbags.

Die Erfindung ist nicht allein auf eine Precrash-Erkennung im Zusammenhang mit einer Auslösung von Sicherheitssystemen beschränkt. Sie kann ebenso beispielsweise im Rahmen einer Einparkhilfe Anwendung finden, bei der im Vordergrund steht, eine bevorstehende Kollision mit einem Objekt zu vermeiden. Je nach der zu überwachenden Entfernung und der geforderten Meßauflösung sind die verwendeten Meßfrequenzen und Filter- und Modulationsbandbreiten dann geeignet zu wählen. Gegebenenfalls kann eine erfundungsgemäße Vorrichtung auch kombiniert für beide Verwendungen eingesetzt werden.

Aus einer genaueren Betrachtung des Amplitudenverlaufs, einzelner Amplitudenwerte oder der Standardabweichung der erhaltenen Amplitudenwerte kann darüber hinaus eine Schätzung der Größe, der Struktur und/oder des Materials des Objektes, mit dem eine Kollision bevorsteht, erfolgen. Vorteilhafterweise wird die erfundungsgemäße Vorrichtung bzw. das erfundungsgemäße Verfahren nicht isoliert, sondern in Kombination mit bekannten Verfahren zur Detektion einer Kollision, beispielsweise in Kombination mit bekannten Beschleunigungssensoren, verwendet.

**Beschreibung von Ausführungsbeispielen**

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung erläutert. Es zeigen Fig. 1a bis 1d Spektraldiagramme zur Erläuterung des der Erfindung zugrunde liegenden Verfahrens,

Fig. 2 schematische Frequenzgänge zweier Filter in Abhängigkeit des radialen Abstands r,

Fig. 3 zwei zeitliche Verläufe von Amplitudenwerten, die sich bei Ausführung des erfundungsgemäßen Verfahrens ergeben,

Fig. 4 eine Prinzipskizze einer erfundungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 5 eine Skizze zur Definition des Offsets,

Fig. 6 den Zusammenhang zwischen der radialen und der

senkrechten Entfernung zwischen zwei Fahrzeugen bei verschiedenen Offsets.

**Fig. 7** zwei effektiv wirksame Frequenzgänge in Abhängigkeit des senkrechten Abstands x,

**Fig. 8** beispielhafte Amplitudenverläufe gemäß der Erfindung und

**Fig. 9** ein Flußdiagramm zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Für die nachfolgende Darstellung von Ausführungsbeispielen wird das Grundprinzip eines FMCW-Radarsystems als bekannt vorausgesetzt. Dieses ist beispielsweise in der DE 42 42 700, die der US 5,483,242 weitgehend entspricht, beschrieben. Demnach wird bei einem solchen Radarsystem eine vorzugsweise linear frequenzmodulierte Welle abgestrahlt. Empfangene Reflexionen von einem Objekt werden mit dem jeweils aktuellen Sendesignal gemischt, wobei mindestens ein Mischsignal entsteht, dessen Frequenz ein Maß wenigstens für die Entfernung des Objektes vom Radarsystem ist. Bei bekannten Radarsystemen werden die Frequenzen eines oder mehrerer Mischsignale oftmals mittels einer Fast Fourier Transformation ausgewertet.

**Fig. 1a bis 1d** zeigt vier Spektraldiagramme zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Zu sehen ist jeweils ein Koordinatensystem, dessen Abszisse eine Frequenz f und dessen Ordinate einen Amplituden- oder Pegelwert P angibt. Entsprechend dem Grundprinzip eines FMCW-Radars ist die Frequenz f proportional zur Entfernung r zwischen einem detektierten Objekt und dem Radarsystem. Ein detektiertes Objekt erscheint in Form einer Spektrallinie 131, deren Frequenz ein Maß für die Entfernung des Objekts ist. Weiterhin sind in den Fig. 1a bis 1d Frequenzgänge 10 und 11 zweier Filter eingezeichnet. Die Filter sind vorzugsweise so dimensioniert, daß ihre Frequenzgänge einen weitgehend gleichen Verlauf aufweisen, jedoch eine unterschiedliche Mittenfrequenz und damit unterschiedliche Durchlaßbereiche besitzen. Vorzugsweise ist der Durchlaßbereich jedes der beiden Filter schmäler als der Frequenzbereich, innerhalb dessen realistische Mischsignale auftreten können. Je nach der konkret verwendeten Filterschaltung, beispielsweise als Cauer-Filter, können sowohl in den Durchlaß- als auch in den Sperrbereichen Welligkeiten in den Frequenzgängen auftreten. Dies ist in Fig. 1a bis 1d durch eine Ausbildung der Frequenzgänge in Form einer  $l(\sin x)/x l$ -Funktion symbolisiert. Dieser Verlauf der Frequenzgänge ist jedoch nur beispielhaft zu verstehen. Für eine konkrete Realisierung kommen grundsätzlich alle Filterstrukturen mit Frequenzgängen in Frage, bei denen die Amplitudenwerte bei unterschiedlichen Frequenzen auswertbar unterschiedliche Werte annehmen. Die Durchlaßbereiche der beiden Frequenzgänge 10 und 11 überdecken sich hier teilweise. Eine Linie 12 kennzeichnet die Frequenz, bei der sich die Durchlaßbereiche der Frequenzgänge 10 und 11 schneiden. Die Entfernung r, die dieser Frequenz entspricht, wird nachfolgend als virtuelle Barriere  $B_v$  bezeichnet.

In Fig. 1a zeigt eine Spektrallinie 131, die rechts von den Frequenzgängen 10 und 11 liegt, daß ein Radarziel in einer Entfernung  $r_1$  detektiert worden ist. Die Höhe der Spektrallinie 131 ist beispielhaft angenommen und zeigt einen für dieses Ziel in dieser Entfernung maximal möglichen Amplitudenwert. Fig. 1b zeigt eine Situation, bei der sich das Radarziel in einer Entfernung  $r_2$  befindet, die kleiner ist als die Entfernung  $r_1$ . Dementsprechend tritt eine Spektrallinie bei einer kleineren Frequenz auf. Die hier skizzierten Spektrallinien 132 und 133 treten nun am Ausgang jedes Filters auf, wenn das Mischsignal mittels zweier parallel zueinander geschalteter Filter mit den Frequenzgängen 10 und 11 ausgefiltet wird. Die Spektrallinie 132 erscheint am Ausgang des Filters mit dem Frequenzgang 11, die Spektrallinie 133 er-

scheint am Ausgang des Filters mit dem Frequenzgang 10. Die Frequenzen der beiden Spektrallinien 132 und 133 sind identisch, da sie zu einem einzigen Radarziel in der Entfernung  $r_2$  gehören. Ihre Amplitudenwerte sind jedoch unterschiedlich entsprechend den Frequenzgängen 10 und 11. Fig. 1c zeigt die Situation, in der sich das Radarziel in einer Entfernung  $r_3$  befindet, die gleich der virtuellen Barriere  $B_v$  ist. In diesem Fall erscheint an den Ausgängen der Filter mit den Frequenzgängen 10 und 11 jeweils eine Spektrallinie 134 und 135, die sowohl die gleiche Frequenz als auch die gleiche Amplitude besitzen. Fig. 1d zeigt die Situation, in der sich das Radarziel in einer Entfernung  $r_4$  befindet, die kleiner ist als die virtuelle Barriere  $B_v$ . In diesem Fall erscheinen an den Ausgängen der Filter mit den Frequenzgängen 10 und 11 die Spektrallinien 136 und 137, die sich wiederum anhand ihrer Amplitudenwerte unterscheiden.

Das erfindungsgemäße Verfahren gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel beruht nun auf dem Prinzip, daß zur Auswertung reflektierter Radarsignale mindestens ein, vorzugsweise sogar zwei parallel zueinander angeordnete Filter mit Frequenzgängen 10 bzw. 11 vorgesehen sind und daß die Amplitudenwerte und insbesondere zeitliche Verläufe von Amplitudenwerten der mittels dieser Filter gefilterten Mischsignale ausgewertet werden.

**Fig. 2** zeigt Frequenzgänge zweier Filter entsprechend Fig. 1 in einem vergrößerten Maßstab. Entlang der Abszisse ist ein Abstand r aufgetragen, der proportional zur Frequenz der Mischsignale ist. Entlang der Ordinate ist wiederum ein Amplituden- oder Pegelwert P aufgetragen. Zu erkennen sind zwei Frequenzgänge 21 und 22, die den Frequenzgängen 10 und 11 der Fig. 1 entsprechen. Die Frequenzgänge 21 und 22 sind hier wiederum mit einem idealisierten, beispielhaft angenommenen Verlauf dargestellt. Beispielsweise kann es sich hier um Cauer-, Bessel- oder Butterworthfilter handeln. Bekanntermaßen weisen solche Filter einen Durchlaßbereich 210 auf, der in einem fließenden Übergang in einen Sperrbereich 220 übergeht. Innerhalb des Sperrbereichs und auch des Durchlaßbereichs können Welligkeiten im Frequenzgang vorhanden sein, die durch die Nebenzipfel 211 bzw. 221 angedeutet sind. Der Schnittpunkt der Durchlaßbereiche 210 und 220 markiert wie bereits erwähnt die virtuelle Barriere  $B_v$ .

**Fig. 3** zeigt zwei zeitliche Amplitudenverläufe, die sich am Ausgang der beiden Filter mit den Frequenzgängen 21 und 22 ergeben, wenn sich der Abstand zwischen einem Fahrzeug mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und einem Objekt zunehmend verkleinert. Zum besseren Verständnis sei in diesem Fall angenommen, daß sich das Fahrzeug mit konstanter Geschwindigkeit einem Objekt nähert, so daß der Abstand r linear abnimmt. Diese Annahme ist angesichts der geringen Entferungen (0 m bis 1,5 m), die für die Precrasherkennung eine Rolle spielen, in der Regel zutreffend. Fig. 3 zeigt für diesen Fall die Amplitudenverläufe, die sich am Ausgang der beiden Filter mit zunehmender Zeit t ergeben. Beginn der Darstellung ist ein Zeitpunkt  $t_0$ , an dem die Entfernung r zwischen dem Fahrzeug und dem Objekt erstmals einen Wert annimmt, der kleiner oder gleich der virtuellen Barriere  $B_v$  ist. Dies entspricht der Situation gemäß Fig. 1c, bei der die Amplitudenwerte am Ausgang der beiden Filter identisch sind. Entsprechend der Kurve 31 werden die Amplitudenwerte am Ausgang des Filters mit dem Frequenzgang 21 nun mit zunehmender Zeit t und dementsprechend mit abnehmender Entfernung r größer. Demgegenüber weisen die Amplitudenwerte am Ausgang des Filters mit dem Frequenzgang 22 einen Verlauf 32 auf, der zunächst mit zunehmender Zeit und demzufolge abnehmender Entfernung r kleiner wird, und sodann ab einem Wendepunkt  $t_1$  und damit einer bestimmten Entfernung r wieder

ansteigt. Der tatsächliche Verlauf der Amplitudenwerte spielt für das Grundverständnis der Erfindung keine Rolle und hängt im einzelnen von der konkreten Realisierung der Filter und damit vom konkreten Aussehen der Frequenzgänge 21 und 22 ab.

Fig. 4 zeigt eine prinzipielle Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 400. Dabei ist eine Steuer- und Auswerteeinheit 408, beispielsweise ein Mikrocontroller oder auch ein digitaler Signalprozessor, mit einem Oszillator 401 verbunden. Die Frequenz des Oszillators wird durch die Auswerte- und Steuereinheit 408 bestimmt. Das Ausgangssignal des Oszillators wird über eine Sende/Empfangsweiche 403 einer Sende/ Empfangsan天ne 402 zugeführt. Weiterhin ist ein Mischer 404 vorhanden, der ebenfalls mit der Sende/Empfangsweiche 403 und zusätzlich mit dem Oszillator 401 verbunden ist. Dieser Aufbau entspricht dem bekannten, prinzipiellen Aufbau eines FMCW-Radar- systems.

Das Ausgangssignal des Mixers 404 ist gemäß einer bevorzugten Ausführung der Erfindung mit zwei parallel zueinander angeordneten Filtern 405 und 406 verbunden. Diese Filter besitzen vorzugsweise die in Fig. 2 gezeigten Frequenzgänge. Die Ausgangssignale dieser Filter werden der Auswerte- und Steuereinheit 408 zugeführt. Die Auswerte- und Steuereinheit 408 umfaßt unter anderem einen Speicher 409 und eine Vergleichseinrichtung 410, mit der einzelne Amplitudenwerte und auch zeitliche Verläufe von Amplitudenwerten speicherbar und vergleichbar sind. Alternativ oder ergänzend zu einem der beiden Filter 405, 406 kann das Ausgangssignal des Mixers 404 auch direkt der Auswerte- und Steuereinheit 408 zugeführt sein. Dies ist durch die gestrichelte Linie 407 angedeutet. Des Weiteren erhält die Auswerte- und Steuereinheit 408 ein Signal 411, das die Eigengeschwindigkeit des Fahrzeugs repräsentiert. Außerdem sind der Auswerte- und Steuereinheit 408 gemäß einer bevorzugten Ausführung der Erfindung Signale 412 eines oder mehrerer herkömmlicher Beschleunigungssensoren zugeführt. In Abhängigkeit aller ihr zugeführten Signale und gemäß dem nachfolgend genauer erläuterten Verfahren findet in der Auswerte- und Steuereinheit 408 eine Entscheidung statt, ob eine Kollision des Fahrzeugs bevorsteht und gegebenenfalls welche Sicherheitssysteme in welcher Weise aktiviert werden müssen. Die Auswerte- und Steuereinheit 408 steuert sodann Aktuatoren 413 und 414 an, die beispielsweise Gurtstraffer oder Airbagsysteme aktivieren.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines seitlichen Versatzes, das heißt eines Offsets zweier Fahrzeuge 51 und 52 zur Definition nachfolgend benötigter Größen. Demnach wird die radiale Entfernung r, die von einem Radarsensor gemessen wird, in eine senkrechte Entfernung x und einen Offset y aufgespalten. Dabei stehen die drei Größen in dem bekannten Zusammenhang:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Fig. 6 zeigt diesen funktionalen Zusammenhang zwischen dem senkrechten Abstand x zwischen einem Fahrzeug und einem Objekt und dem vom Radarsensor bestimmten Abstand r anhand mehrerer Kurven. Die Gerade 61, die einen linearen Zusammenhang zwischen dem senkrechten Abstand x und dem Sensorabstand r andeutet, ergibt sich bei einem Offset y von Null. Die Kurve 62 ergibt sich bei einem Offset y von 25 cm, Kurve 63 bei einem Offset y von 50 cm, Kurve 64 bei einem Offset y von 75 cm und Kurve 65 bei einem Offset y von 1 m. Wie leicht einzusehen ist, weicht der Sensorabstand r zunehmend vom senkrechten Abstand x ab, wenn der Offset y zwischen den beiden Fahrzeugen 51 und

52 größer wird.

Fig. 7 zeigt die effektiv wirksamen Frequenzgänge der beiden Filter 405 und 406 bei einem beispielhaft angenommenen Offset y von 50 cm, wenn entlang der Abszisse nicht mehr der radiale Abstand r, sondern nun der senkrechte Abstand x aufgetragen ist. Dabei sind die konkreten Verläufe hier wiederum beispielhaft zu verstehen. Wesentlich ist, daß sich bei dieser Betrachtung andere effektiv wirksame Frequenzgänge ergeben als in Fig. 2. Das konkrete Ausschen eines solchen effektiv wirksamen Frequenzgangs hängt dabei von dem jeweiligen Offset y ab. Dies wird entsprechend den Zusammenhängen gemäß Fig. 6 insbesondere bei Entferungen unterhalb der virtuellen Barriere B<sub>v</sub> deutlich. Dieser Umstand kann wie nachfolgend gezeigt zur Bestimmung des Offsets y verwendet werden.

Fig. 8 zeigt zwei zeitliche Verläufe 81 und 82 von Amplitudewerten am Ausgang der beiden Filter 405 und 406, wenn zwischen dem Fahrzeug und dem Objekt ein Offset von 50 cm besteht. Im Vergleich dazu ergeben sich die Verläufe in Fig. 3 bei einem Offset von 0 cm. Der Grund für diese unterschiedliche Ausprägung der Verläufe liegt in den unterschiedlichen, effektiv wirksamen Frequenzgängen gemäß den Fig. 2 und 7. Diese sind wiederum, wie bereits erläutert, ein Ergebnis des nichtlinearen Zusammenhangs zwischen den senkrechten Entfernung x und der radialen Entfernung r. Voraussetzung für die beschriebenen Zusammenhänge ist dabei, daß die Reflexion der Radarwellen entsprechend Fig. 5 möglichst an einem zentralen Punkt des Objekts erfolgt. Dies trifft so ideal natürlich nur in einer Modellannahme zu. Jedoch kann durch eine vorherige statistische Auswertung der Verteilung von reflektierten Empfangssignalen ein "mittlerer, zentraler Reflexionspunkt" berechnet werden.

Fig. 9 zeigt ein Flußdiagramm einer möglichen Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Zu Beginn des Verfahrens werden in den Schritten 90 und 91 die Ausgangssignale der Filter 405 und 406 in Form von Amplituden- oder Pegelwerten P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub> eingelesen. In Schritt 93 und in Anlehnung an Fig. 1c erfolgt dann jeweils eine Abfrage, ob P<sub>1</sub> gleich P<sub>2</sub> ist. Diese Verfahrensschritte werden solange wiederholt, bis die Abfrage 93 erfüllt ist, das heißt bis P<sub>1</sub> tatsächlich gleich P<sub>2</sub> ist. Ist dies der Fall, das heißt durchbricht anschaulich gesprochen ein Hindernis die virtuelle Barriere B<sub>v</sub>, wird dieses Ereignis erkannt und vorzugsweise bereits als Indiz einer bevorstehenden oder möglichen Kollision betrachtet. Für die weiteren Verfahrensschritte dient dieses Ereignis nun als Triggersignal. Im Schritt 94 werden aktuelle zeitliche Verläufe der Amplituden- oder Pegelwerte P<sub>1(t)</sub> und P<sub>2(t)</sub> entsprechend den Fig. 2 und 8 aufgenommen und in dem Speicher 409 gespeichert. Mit 95 ist dabei angedeutet, daß die Zeitdauer, wie lang die zeitlichen Verläufe P<sub>1(t)</sub> und P<sub>2(t)</sub> aufgenommen werden, vorzugsweise von weiteren Größen, insbesondere der aktuellen Entfernung und der Relativgeschwindigkeit zwischen dem Fahrzeug und dem Objekt abhängig gemacht wird. In Schritt 96 wird wenigstens einer der aktuell aufgenommenen zeitlichen Verläufe von Amplitudenwerten mit früher abgespeicherten Verläufen P<sub>S(n, t)</sub> von Amplitudenwerten verglichen. Die Variable n bezeichnet dabei eine Zählvariable, die entsprechend Fig. 6 einzelne Amplitudenverläufe P<sub>S(t)</sub> zu unterschiedlichen Offsets y kennzeichnet. Die Amplitudenverläufe P<sub>S(n, t)</sub> sind charakteristische Amplitudenverläufe, die sich bei verschiedenen Offsets y zwischen dem Fahrzeug und einem möglichen Hindernis ergeben und die einmal als Referenz in dem Speicher 409 abgelegt sind. Gemäß Schritt 97 wird anhand eines Vergleichs wenigstens eines der Amplitudenverläufe P<sub>1(t)</sub> bzw. P<sub>2(t)</sub> mit den gespeicherten Amplitudenverläufen P<sub>S(n, t)</sub> der Offset y bestimmt, indem derjenige Offset

y angenommen wird, bei dem sich die größte Übereinstimmung zwischen dem oder den aktuellen Amplitudenverläufen  $P_1(t)$ ,  $P_2(t)$  und den abgespeicherten Amplitudenverläufen  $P_S(n,t)$  ergibt.

Grundsätzlich würde für die Auswertung ein Vergleich eines der aktuellen Amplitudenverläufe  $P_1(t)$  oder  $P_2(t)$  mit den gespeicherten Amplitudenverläufen genügen. Es ist jedoch aufgrund der Redundanz und der geforderten hohen Zuverlässigkeit der Erkennung vorteilhaft, beide Verläufe für die Bestimmung des Offsetes y heranzuziehen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens wird in Schritt 98 eine Objektklassifikation durchgeführt. Hierbei handelt es sich um eine grobe Schätzung der Größe, der Struktur und/oder des Materials des Hindernisses anhand beispielsweise der absoluten Größe der erhaltenen Amplitudenwerte P bei einer bestimmten Entfernung r und/oder anhand der Streuung σ der empfangenen Reflexionssignale. So kann man beispielsweise davon ausgehen, daß bei gleicher Entfernung r der Amplitudenwert eines Reflexionssignals von einem großen Hindernis größer ist als der Amplitudenwert von einem kleinen Hindernis. Ebenso reflektieren metallische Oberflächen bekanntermaßen stärker, als beispielsweise Holz oder Kunststoff. Anhand einer solchen groben Objektklassifikation kann auf die Schwere und die damit verbundene Gefährdung durch eine bevorstehenden Kollision geschlossen werden. In Schritt 99 werden die zuvor gewonnenen Erkenntnisse dazu verwendet, im Kraftfahrzeug vorhandene Sicherheitssysteme zu aktivieren. Dies können gemäß Fig. 4 beispielsweise Airbags oder Gurtstraffer sein. Bevorzugt fließen in die Entscheidung, welche Sicherheitssysteme wie aktiviert werden gemäß 100 weitere Informationen ein. Dies können beispielsweise Signale von Beschleunigungssensoren 412 oder die Eigengeschwindigkeit des Fahrzeugs 411 sein.

Eine alternative Ausführung der Erfindung ergibt sich, wenn anstelle der bisher beschriebenen Verläufe von Amplitudewerten Verläufe von Relativgeschwindigkeitswerten zur Bestimmung des seitlichen Versatzes herangezogen werden. Bekanntermaßen kann mit einem FMCW-Radarsensor nicht nur die Entfernung, sondern auch eine Relativgeschwindigkeit zwischen dem detektierten Objekt und dem Radarsensor bestimmt werden. Dies erfolgt entweder anhand der Zeitspanne, die zwischen zwei aufeinanderfolgend bestimmten Entfernungen liegt, oder besonders vorteilhaft anhand einer Auswertung des Dopplereffekts. Zur Bestimmung der Relativgeschwindigkeit anhand des Dopplereffekts ist dabei nicht einmal eine Modulation der abgestrahlten Welle notwendig.

Für die mit Hilfe des Radarsensors bestimmten Relativgeschwindigkeiten gilt nun Vergleichbares wie anhand der Fig. 5 hinsichtlich der Entfernungen erläutert. Besitzt ein detektiertes Objekt einen seitlichen Versatz y zum Radarsensor, so ist mit Letzterem immer nur die radiale relative Geschwindigkeit anstelle der senkrechten Relativgeschwindigkeit in x-Richtung bestimmbar. Dementsprechend ergeben sich ebenso unterschiedliche, charakteristische Verläufe, wenn aufeinanderfolgend bestimmte Relativgeschwindigkeitswerte bei verschiedenen Offsets y betrachtet werden. Ein auf der Auswertung von Relativgeschwindigkeitswerten beruhendes Verfahren ist in Fig. 10 gezeigt. Dabei entsprechen die mit gleichen Bezugsziffern versehenen Schritte denen in Fig. 9. Mit den Schritten 91 bis 93 wird vorteilhafterweise wiederum zunächst überwacht, ob ein sich dem Fahrzeug nährendes Objekt die virtuelle Barriere B<sub>v</sub> durchdringt. Ist dies der Fall, wird anhand der nachfolgenden Schritte der seitliche Versatz des Objekts bestimmt. Dazu werden in Schritt 104 zeitlich aufeinanderfolgend Relativgeschwindigkeitswerte  $V_R(t)$  zwischen dem Objekt und

dem Fahrzeug bestimmt. Die Zeitspanne, wie lange und damit wieviele Relativgeschwindigkeitswerte dabei bestimmt werden, wird vorzugsweise wiederum anhand weiterer Größen (95) wie beispielsweise der Entfernung, der Fahrzeugeigengeschwindigkeit oder anhand der Höhe der Relativgeschwindigkeitswerte selbst gewählt. In Schritt 106 wird der aktuell bestimmte Verlauf  $V_R(t)$  der Relativgeschwindigkeitswerte mit gespeicherten Verläufen  $V_S(n, t)$  von Relativgeschwindigkeitswerten bei verschiedenen Offsets verglichen. In Schritt 107 wird sodann als Offset y derjenige Offset bestimmt, dessen gespeicherter Verlauf  $V_S(n, t)$  die größte Ähnlichkeit mit dem aktuell bestimmten Verlauf  $V_R(t)$  aufweist. Die nachfolgenden, sich vorzugsweise anschließenden Schritte 99 bis 100 sind wiederum dieselben, wie schon zu Fig. 9 erläutert.

Zur Verbesserung der Zuverlässigkeit der Offsetbestimmung können die beiden hier alternativ erläuterten Verfahren natürlich auch miteinander kombiniert werden, das heißt, daß die Bestimmung des seitlichen Versatzes sowohl anhand der Amplitudenverläufe als auch anhand der Relativgeschwindigkeitsverläufe erfolgt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung einer bevorstehenden oder möglichen Kollision eines Kraftfahrzeugs mit einem Objekt,

- wobei mittels einer Vorrichtung (400), die sich in oder an dem Kraftfahrzeug befindet, eine frequenzmodulierte Welle abgestrahlt wird,
- wobei eine von dem Objekt reflektierte Welle empfangen wird,
- wobei die empfangene, reflektierte Welle mit einem Anteil der momentan abgestrahlten Welle gemischt wird, wobei mindestens ein Mischsignal entsteht, dessen Frequenz ein Maß wenigstens für die Entfernung des Objekts von dem Kraftfahrzeug ist,
- wobei das genannte Mischsignal zur weiteren Verarbeitung über mindestens ein Filter herausgefiltert wird und
- wobei das genannte Filter einen derartigen Frequenzgang (10, 11) aufweist, daß die Amplitude des gefilterten Mischsignals (131–136) bei einer Veränderung der Entfernung zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt auswertbar unterschiedliche Werte annimmt,

**dadurch gekennzeichnet**, daß ein aktueller zeitlicher Verlauf von Amplitudenwerten des gefilterten Mischsignals, der sich aufgrund einer Veränderung der Entfernung zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt ergibt, mit abgespeicherten zeitlichen Verläufen von Amplitudenwerten von gefilterten Mischsignalen verglichen wird (96) und daß anhand dieses Vergleichs ein seitlicher Versatz zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt bestimmt wird (97).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Amplitudenwerte des gefilterten Mischsignals für eine Zeitspanne aufgenommen wird (94), die in Abhängigkeit (95) wenigstens einer der Größen Relativgeschwindigkeit zwischen dem Fahrzeug und dem Objekt oder Entfernung zwischen dem Fahrzeug und dem Objekt bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter einen Frequenzgang aufweist, dessen Durchlaßbereich schmäler ist als der Frequenzbereich (10,11), innerhalb dessen realistische Mischsi-

gnale auftreten können.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Mischsignal mittels zweier, parallel zueinander geschalteter Filter herausgefiltert wird, wobei jedes Filter einen Durchlaßbereich besitzt, der sich nur teilweise mit dem Durchlaßbereich des jeweils anderen Filters überlappt (10, 11), und daß ein Zustand, bei dem die Amplitudenwerte des gefilterten Mischsignals aus den beiden Filtern annähernd gleich sind, erkannt wird.

5 5 10 15  
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe, Struktur und/oder das Material des Objekts anhand wenigstens eines Amplitudenwertes des Mischsignals oder anhand einer Streuung von Amplitudenwerten des Mischsignals geschätzt wird (98).

6. Verfahren zur Erkennung einer bevorstehenden oder möglichen Kollision eines Kraftfahrzeugs mit einem Objekt,

– wobei mittels einer Vorrichtung (400), die sich in oder an dem Kraftfahrzeug befindet, eine Welle abgestrahlt wird,

– wobei eine von dem Objekt reflektierte Welle empfangen wird,

– wobei die empfangene, reflektierte Welle mit einem Anteil der momentan abgestrahlten Welle gemischt wird,

– wobei anhand eines dabei entstehenden Mischsignals eine Relativgeschwindigkeit zwischen dem Objekt und dem Kraftfahrzeug bestimmt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß ein aktueller zeitlicher Verlauf von Relativgeschwindigkeitswerten, der sich bei einer Veränderung der relativen Lage zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt ergibt, mit abgespeicherten zeitlichen Verläufen von Relativgeschwindigkeitswerten verglichen wird (106) und daß anhand dieses Vergleichs ein seitlicher Versatz zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt bestimmt wird (107).

7. Vorrichtung zur Erkennung einer bevorstehenden oder möglichen Kollision eines Kraftfahrzeugs mit einem Objekt,

– mit einer Sendeeinrichtung (401, 402) zum Aussenden einer frequenzmodulierten Welle,

– mit einer Empfangseinrichtung (402) zum Empfang einer von einem Objekt reflektierten Welle,

– mit einer Mischeinrichtung (404) zum Mischen der empfangenen Welle mit der momentan gesendeten Welle,

– mit mindestens einem Filter (405, 406) zum Herausfiltern eines Mischsignals zwischen der gesendeten und der empfangenen Welle, dadurch gekennzeichnet,

– daß erste Mittel (412) vorhanden sind, mit denen Verläufe von Amplitudenwerten gefilterter Mischsignale oder von Relativgeschwindigkeitswerten speicherbar sind und

– daß zweite Mittel (413) vorhanden sind, mit denen die gespeicherten Verläufe und wenigstens ein auf einem aktuellen Mischsignal beruhender Verlauf von Amplitudenwerten oder von Relativgeschwindigkeitswerten miteinander vergleichbar sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Filter einen derartigen Frequenzgang (10, 11) aufweist, daß die Amplitude des gefilterten Mischsignals bei einer Veränderung der Entfernung zwischen dem Kraftfahrzeug und dem

Objekt auswertbar unterschiedliche Werte annimmt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Filter einen Frequenzgang aufweist, dessen Durchlaßbereich schmäler ist, als der Frequenzbereich, innerhalb dessen realistische Mischsignale auftreten können.

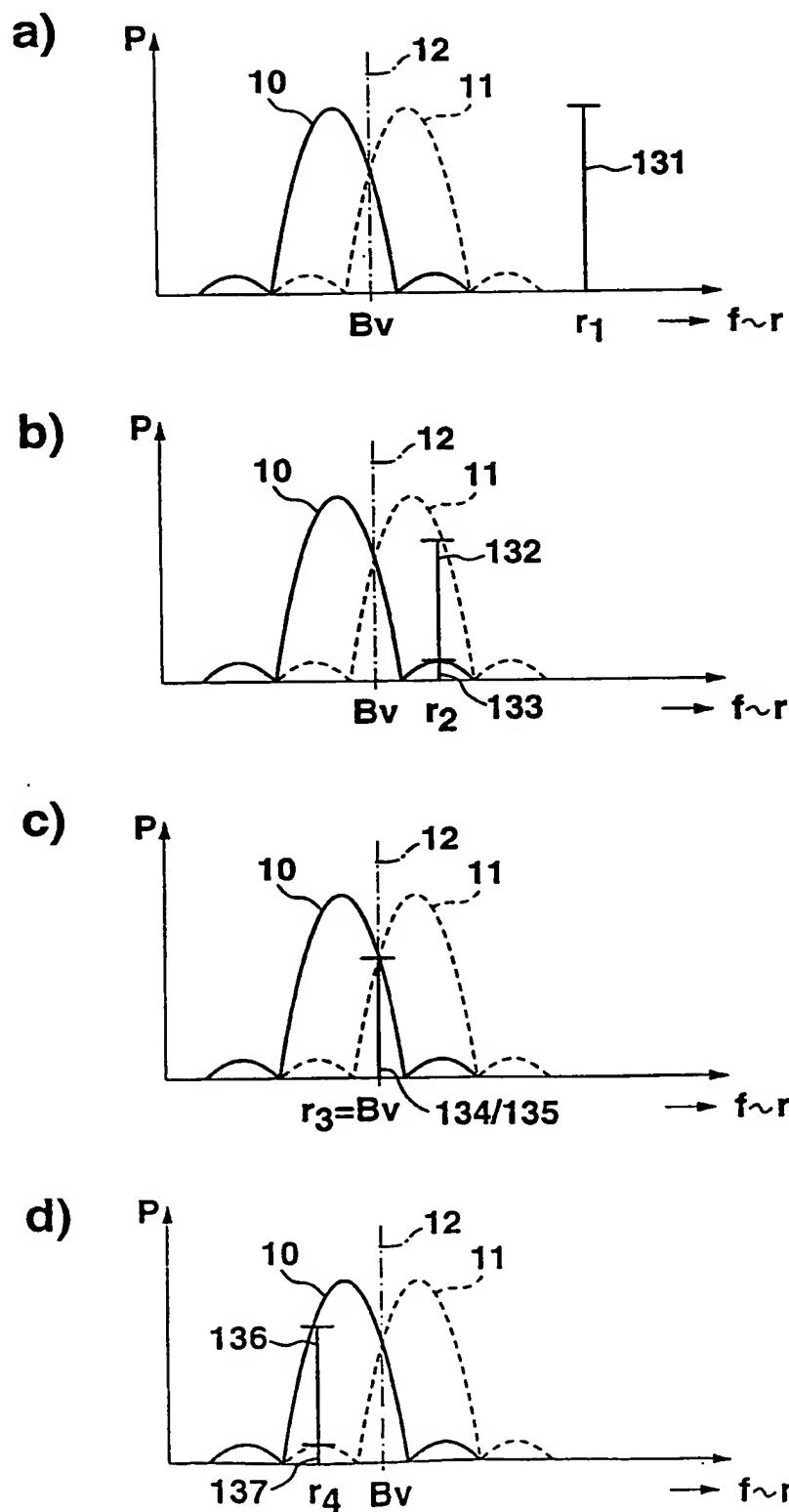
10. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Filter vorhanden sind, die parallel zueinander verschaltet sind, wobei jedes Filter einen Durchlaßbereich besitzt, der sich nur teilweise mit dem Durchlaßbereich des jeweils anderen Filters überlappt.

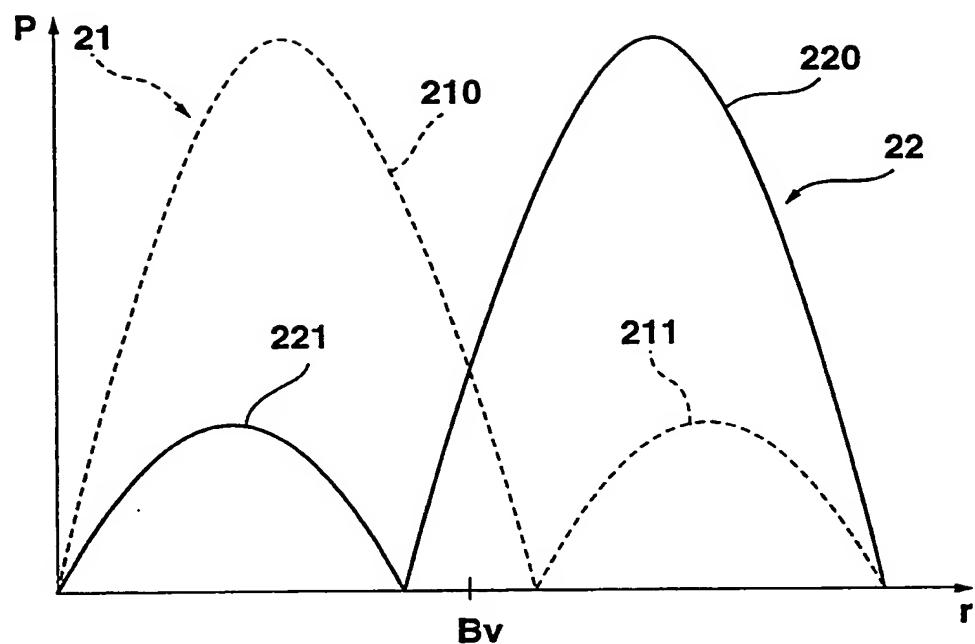
---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

**Fig. 1**



**Fig. 3**

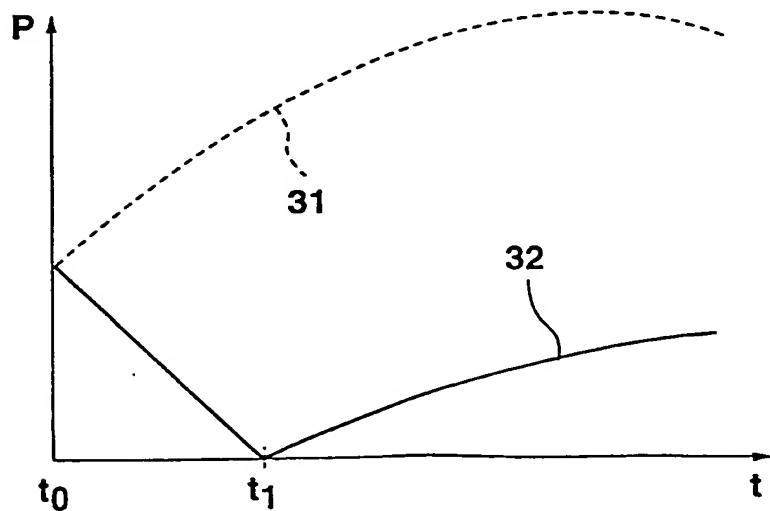


Fig. 4

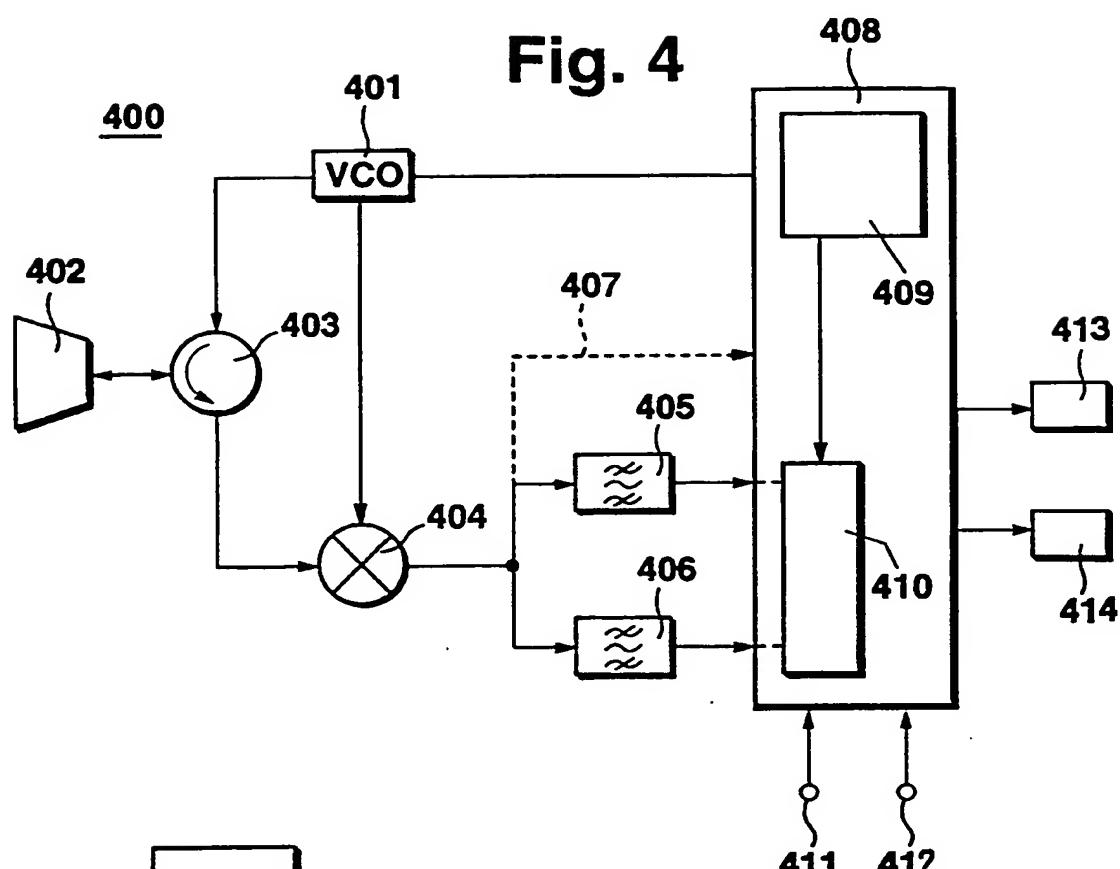
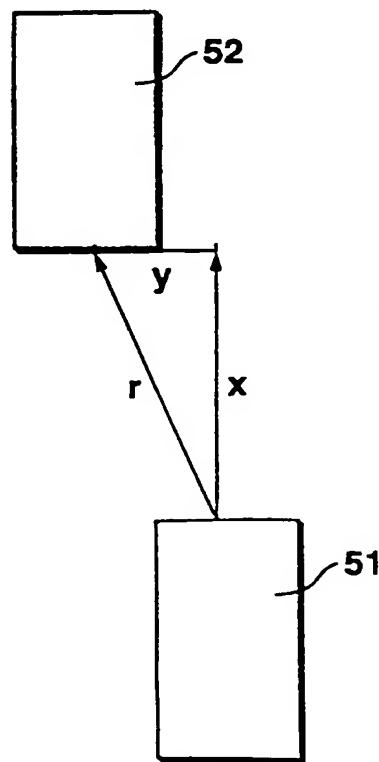
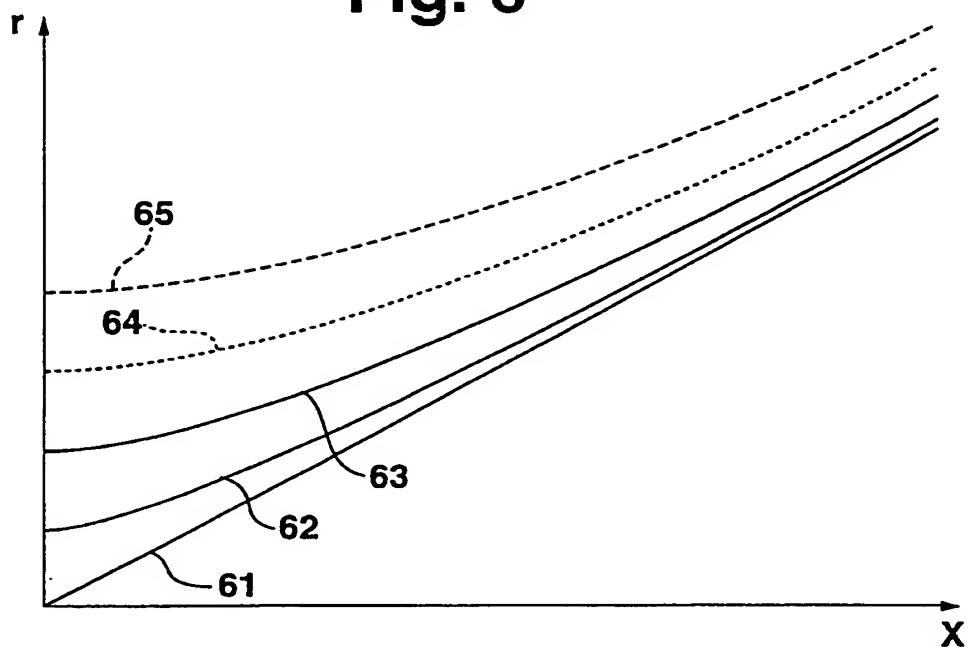
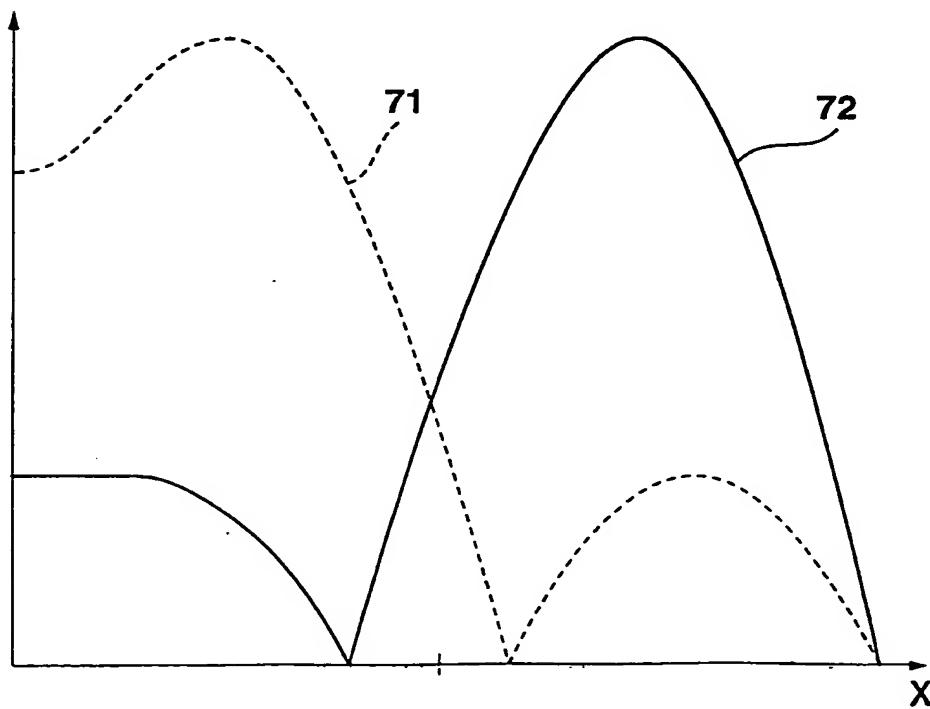
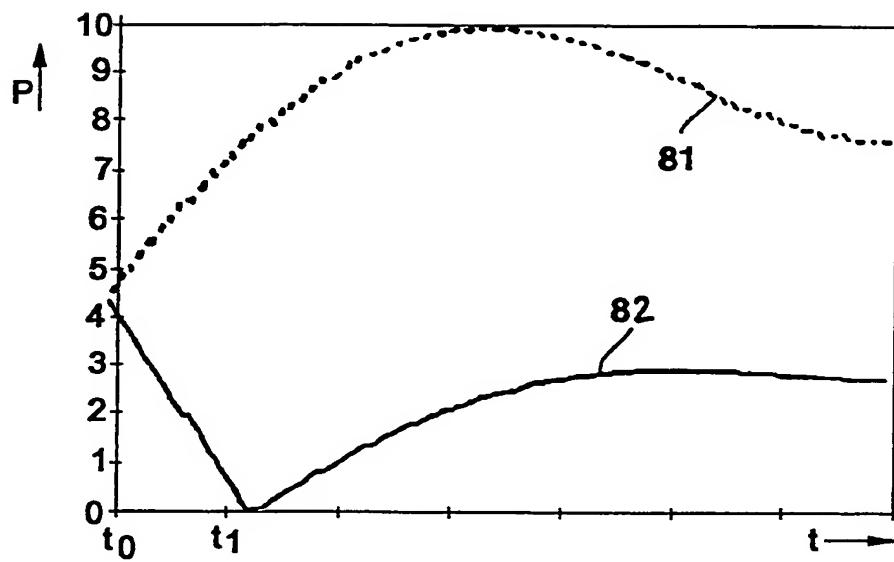
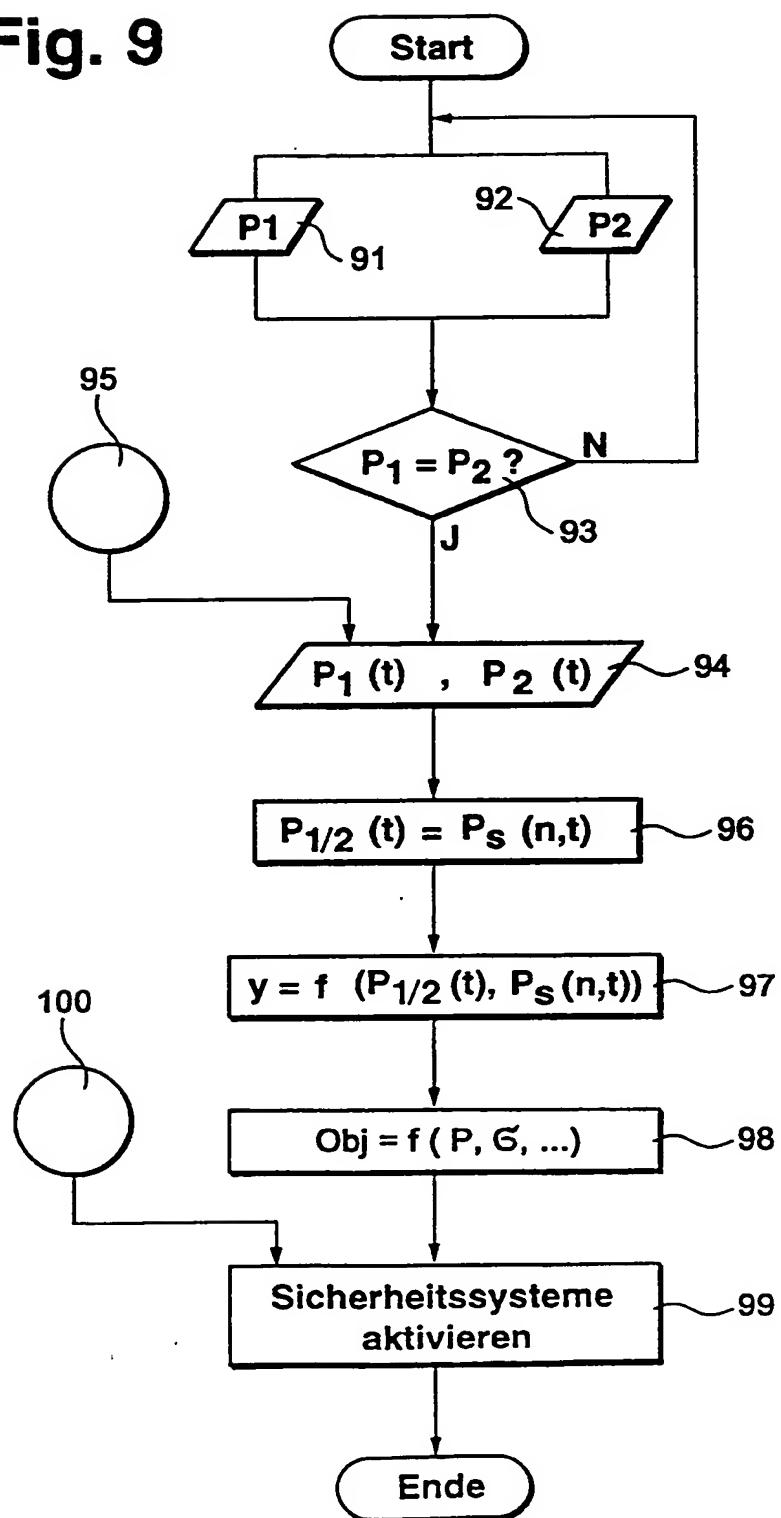


Fig. 5



**Fig. 6****Fig. 7**

**Fig. 8**

**Fig. 9**

**Fig. 10**